

Pode a Ciência Explicar Tudo?

Benjamin L. Clausen

A ciência e a tecnologia afetam quase todos os aspectos de nossa vida. Nosso alimento é cultivado com adubos e inseticidas, preparado com corantes e preservativos, e empacotado em plástico. A comunicação através do telefone, rádio, televisão, fax, correio eletrônico e fotocopiadoras é rápida e eficiente. Nossos transportes são rápidos. Os computadores fazem a maior parte de nossa contabilidade e correspondência. Nossos momentos de lazer incluem stéoros que usam discos compactos, videocassetes ou parques de diversões. Até mesmo nossa saúde e probabilidade de vida têm sido melhoradas por descobertas médicas como a penicilina e a vacina contra a poliomielite. E existem pequenas coisas que nos trazem conforto como as canetas esferográficas e roupas que não precisam ser passadas.

Sendo que o método científico funciona, tanto o governo como a indústria privada querem investir milhões em pesquisas científicas. Uma grande parte dos estudos científicos exibem a elegância, a lógica e a consistência do mundo natural. O desafio de investigar os segredos da natureza e desenvolvê-los para o benefício da humanidade sobrepuja barreiras políticas e cria um sentimento de irmandade científica. Não é de admirar que alguns venham a pensar que o método científico possa ser usado para resolver todos os nossos problemas. Entretanto, não importa quão imponentes possam parecer as realizações científicas, a ciência tem suas limitações.

O cristão, naturalmente, crê que existe mais na vida real do que a ciência é capaz de explicar. Os milagres da Bíblia, especialmente a encarnação e ressurreição de Jesus Cristo, que constituem a base do cristianismo, não podem ser estudados cientificamente. Eventos sobrenaturais não estão mais ocorrendo e não são portanto eventos que a ciência possa controlar através de observa-

ção, repetição ou mesmo falsificação. Além de eventos "miraculosos" a ciência não possui nenhum critério para responder às questões morais e éticas. Mais importante ainda, a ciência tem dificuldade em apresentar objetivos e significado para a vida por não poder vencer a morte.

Ainda que essas limitações sejam ignoradas, por sua natureza indutiva a ciência tem limitações intrínsecas. Isso pode ser ilustrado no estudo da história de um modelo científico, o modelo da luz, no estudo da física.¹

O Modelo da Onda de Luz

Todas as propriedades da luz foram observadas por volta do fim do século XVII. A luz viaja em *linhas retas* e numa *velocidade finita*. A luz é *refletida* como num espelho. Ela se *refrata* ou se curva ao passar de um condutor a outro, como o ar dentro da água ou vidro. Essa propriedade é responsável pelo arco-íris e é agora explorada nos óculos escuros e nos telescópios. A luz é *difundida*, ou espalhada, ao passar por uma abertura estreita, exatamente como as ondas da água se espalham à volta de uma curva num rio. No tocante ao som, essa mesma propriedade nos permite ouvir um ruído em volta de uma esquina. A luz apresenta o fenômeno da *interferência* da mesma maneira que duas ondas criadas por duas pedras lançadas numa laguna interferem uma com a outra, mas continuam seus percursos independentes. O afinador de piano utiliza a interferência das ondas de som, ou a frequência da batida, para afinar um piano. A propriedade de interferência da luz é a causa de podermos ver as cores em manchas de óleo, bolhas de sabão e nas asas do pavão, e é a base física para os hologramas. A luz pode ser *polarizada* ou forçada a vibrar num plano único, exatamente como uma corda de violão pode ser forçada a vibrar numa só direção —

a horizontal. Essa propriedade é explorada na redução do brilho em óculos escuros.

Essas propriedades da luz têm sido freqüentemente explicadas de duas maneiras: em termos de um modelo discreto composto de uma partícula semelhante a uma bala; ou pelo modelo contínuo, semelhante a uma onda de água. No fim do século XVII, Isaac Newton desenvolveu o modelo de partícula para a luz que foi aceito durante o século XVIII. Contemporâneo de Newton, Christian Huygens achou que a luz seria melhor descrita em forma de onda, como uma onda de água ou de som. Esse modelo para a luz ganhou mais adeptos no começo do século XVIII e no fim do século era o único modelo aceito.

No fim do século XVIII o modelo ondular tornou-se suficientemente sólido para que se pudesse explicar a maioria das observações físicas daquele tempo. Uma propriedade muito simples da onda é a relação: $velocidade = frequência \times comprimento da onda$. Imaginem ondas que se quebram na praia. A frequência seria o número de ondas se quebrando na praia a cada minuto. O comprimento da onda seria a distância de uma onda à outra. Multiplicando essas duas quantidades, teríamos a velocidade das ondas. Da mesma maneira, as ondas do som de um piano provêm das vibrações nas cordas. Elas viajam até nossos ouvidos numa velocidade constante. As cordas curtas produzem um som de uma onda de comprimento pequeno, resultando em maior ou mais alta frequência. As cordas longas produzem sons em ondas de comprimento maior, mas de baixa frequência. A frequência aproximada do Dó central de um piano é de 262 vibrações por segundo, ou Hertz (Hz), e o comprimento de onda no ar é de cerca de 1,30 metros. Sua velocidade é de cerca de 340 metros por segundo. (A maioria das pessoas podem ouvir sons que variam entre 20 Hz a

15.000 Hz, enquanto que cães e morcegos podem ouvir frequências muito mais altas.)

A idéia de frequência das ondas pode ser generalizada à luz. A luz vermelha tem a frequência mais baixa visível ao olho humano, enquanto que a violeta, a mais alta. Assim como existem frequências sonoras mais altas do que as encontradas no piano, a luz ultravioleta, que causa queimaduras, tem frequências mais altas do que a luz violeta. Os raios X usados para diagnóstico médico e os raios gama da radioatividade têm frequências ainda mais altas. Na direção oposta do espectro, as frequências mais baixas do que o vermelho começam com os raios infravermelhos que podemos perceber como o calor, e são seguidos pelas microondas usadas na cozinha, e depois pelas ondas de rádio. Se multiplicarmos a frequência AM do rádio, como as de 1000 kHz (ou um milhão de ciclos por segundo) pelo comprimento de ondas de 300 metros, temos a velocidade da luz: 300 milhões de metros por segundo.

A luz é produzida através da mutação de campos elétricos e magnéticos, de maneira que o modelo de onda da luz inclui também a eletricidade e o magnetismo. As ondas de rádio são produzidas pela eletricidade na antena transmissora da estação de rádio, e a luz visível provém da eletricidade numa lâmpada ou num raio. A eletricidade é produzida pelo movimento dos magnetos num gerador hidroelétrico ou a vapor. As ondas luminosas, começando com os raios gama, passando pela luz visível e chegando nas ondas de rádio, são todas parte do campo eletromagnético.

Quase todos os fenômenos luminosos observados relativos à eletricidade e ao magnetismo foram descritos 100 anos atrás por James Clerk Maxwell, através de um conjunto de quatro equações. Seu modelo das ondas de irradiação eletromagnética era extenso, integrante, elegante e lógico. Se considerarmos todos os fenômenos que o modelo das ondas de

luz podem explicar, constataremos que ele parece bem melhor do que o obsoleto modelo de partícula sugerido por Newton. No fim do século XIX os cientistas se sentiam satisfeitos da compreensão que tinham dos fenômenos luminosos; eles criam que havia pouca coisa nova a aprender sobre isso. O modelo de ondas parecia bem completo, necessitando apenas modificações superficiais.²

A Revolução nos Modelos

Muitos dados, porém, ainda não tinham explicações. Tentativas para lidar com esses problemas inexplicados produziram duas revoluções.³

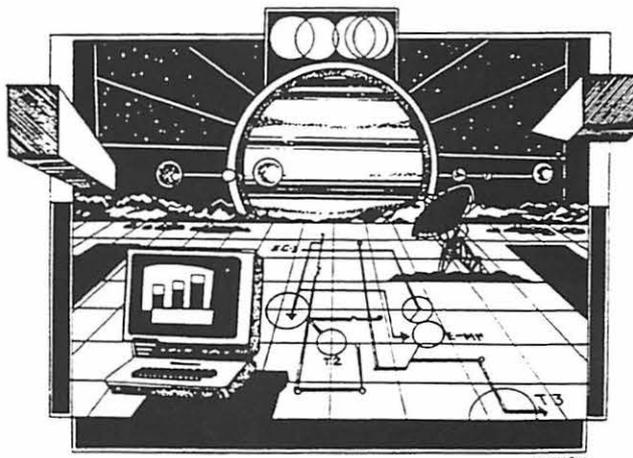
Relatividade. O primeiro problema tinha que ver com o condutor no qual a luz se desloca. As ondas de água se deslocam na água e as ondas sonoras se deslocam no ar. Mas as ondas de luz se deslocam através do espaço em seu percurso do sol até a terra, e parece não haver nenhum condutor. Diante disto, postulou-se como condutor a existência de uma substância difusa denominada éter. Muitas experiências foram feitas a fim de detectar tal substância, mas todas falharam. A transposição da idéia das ondas de água para as ondas de luz resultou num modelo aproximado que funcionou bem na explicação de muitos fenômenos, mas que verificou-se incapaz de apresentar um condutor para luz. Por volta de 1905, Albert Einstein resolveu o problema postulando que as ondas de luz não podiam ser

modeladas de maneira exata como outros tipos de ondas. Em sua teoria, ele postulou que as ondas de luz se deslocam independentemente de qualquer condutor (ou material de referência).⁴

A teoria da relatividade fez a imprevisível predição de que enquanto observamos um objeto se movimentando em velocidade quase tão alta quanto a da luz, a massa do objeto pareceria aumentar, seu comprimento encurtar, e seu tempo se movimentaria mais devagar. Essa predição foi confirmada por experiências, e as equações da relatividade especial são agora usadas rotineiramente para descrever experiências em aceleradores de partículas. As observações feitas de velocidades comuns não explicam o que acontece com velocidades extremamente altas, nas quais a luz se desloca.

A Teoria Quantum Mechanics. A segunda dificuldade é de estabelecer se a luz é realmente uma onda. Há muito tempo, o modelo de Newton foi substituído pelo modelo da onda, mas haviam algumas observações, como as da "catástrofe ultravioleta", que não podiam ser explicadas se a luz fosse considerada como uma onda. Ondas de som com frequências altas podem ser produzidas pela simples vibração de uma só corda de piano numa caixa de som improvisada, que permita a transmissão de energia para todas as cordas. Entretanto, as ondas de luz provenientes de um ferro quente possuem poucas ondas ultravioletas de alta frequência. A explicação para esta discrepância (a "catástrofe ultravioleta") veio em 1900 quando Max Planck concebeu o modelo para a luz em termos de partículas de energia, sendo que as luzes de alta frequência possuem mais energia por partícula. A luz ultravioleta de alta frequência requereria demasiada energia por partícula para ser produzida prontamente.

O modelo de luz como sendo uma partícula ou quantum de energia foi parte do desenvolvimento da Quantum Mechanics⁵



que também fez algumas previsões bem imprevisíveis sobre o microscópico mundo físico. Por exemplo, a teoria do Quantum Mechanics previu que partículas como os elétrons devem ser tratados às vezes como ondas, sendo pois impossível identificar sua localização exata. Além disso, os elétrons num átomo podem girar somente em algumas órbitas discretas. Essas previsões já foram provadas. Agora a teoria do Quantum Mechanics é usada para elucidar a aderência química, o microscópio de elétrons, o raio laser, o transistor, a força nuclear e a radioatividade. Mas assim fazendo, ela incorporou algo do modelo de partículas de Newton de 200 anos atrás. Hoje chegamos à conclusão de que a luz, em certas circunstâncias, tem que ser tratada como onda; em outras, como uma partícula, porque a compreensão simples das ondas da água não pode ser predita a uma escala extremamente pequena.

Análise Destas Revoluções

Mesmo que a possibilidade da intervenção sobrenatural seja ignorada, muitas limitações da ciência tornam-se aparentes à luz destas duas revoluções.

Mesmo no mundo natural, muitas informações não estão disponíveis. Cem anos atrás não existia nenhuma observação de partículas se deslocando a velocidades próximas da velocidade da luz, nem de pequenas partículas no átomo ou núcleo. Sendo a ciência indutiva, um modelo pode estar correto (desde que ele explique todas as observações presentes) sem no entanto estar completo (por ser incapaz de explicar todas as observações futuras ou ocorrências passadas não observadas).

Mesmo para algumas informações existentes, não existem ainda explicações. A luz proveniente do sol não pode ser explicada sem o uso de um condutor para a luz. A "catástrofe ultravioleta" não pode ser explicada em termos de modelo de ondas para a luz.

Mesmo para boas explicações, aproximações simplificadas (modelos) são usadas. O modelo da onda de luz era apenas uma aproximação.

À medida que a ciência¹⁵ foi progredindo em direção de condições desconhecidas e extremas das velocidades, energias e tamanhos minúsculos, leis diferentes tornaram-se importantes. O raciocínio e a intuição sobre acontecimentos comuns não eram mais suficientes. A projeção do conhecido e compreensível



para o desconhecido e extremo era útil, mas apenas aproximativo.

Mesmo que um modelo seja usado, outros modelos são possíveis. O modelo da onda para a luz funcionou bem há um século, todavia hoje sabemos que o modelo da partícula tem que ser usado para explicar algumas observações.

Mesmo que revoluções nas interpretações científicas tenham ocorrido no passado, é sempre tentador sentir que as interpretações presentes são tão superiores às do passado, que dispensam revisão. Entretanto, até mesmo recentemente, muitas revoluções mudaram inquestionavelmente as perspectivas da ciência em aspectos importantes. Um novo ramo da ciência, às vezes chamada "caos", está estudando as observações dos cientistas que postulam que mudanças infinitesimais em condições iniciais podem modificar completamente os resultados finais, e que uma ordem mais profunda pode ser encontrada em fenômenos anteriormente considerados demasiadamente complexos para serem integrados num modelo.⁶ Recentemente, a geologia incluiu processos extremos e fora do comum, como as plataformas tectônicas que visam explicar elevadas formações montanhosas e as cristas oceânicas, assim como o

impacto extraterrestre a fim de explicar a extinção dos dinossauros.⁷

O método científico de utilizar experiências para estudar a relação entre causa e efeito é útil e proveitoso, como podemos ver nas vantagens da sociedade tecnológica. Mesmo assim, não deveríamos esquecer que a ciência é limitada, pois é um produto de esforços humanos. Ela não é exaustiva por ser em si mesma de caráter indutivo. Ela não inclui todos os modelos possíveis, modelos completos, explicações totais, todas as informações possíveis, nem deixa lugar para o sobrenatural.

Benjamin L. Clausen (Ph.D., University of Colorado) é assistente de pesquisa científica no Instituto de Pesquisa de Geociência em Loma Linda, Califórnia, EUA.

NOTAS

1. Veja George Gamov, *The Great Physicists From Galileo to Einstein* (New York: Dover, 1988); veja também Edmund T. Whittaker, *A History of the Theories of Aether and Electricity* (New York: Dover, 1989).
2. Veja Nathan Spielberg e Byron D. Anderson, *Seven Ideas That Shook the Universe* (New York: Wiley, 1987).
3. Veja Bernard I. Cohen, *Revolution in Science* (Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1985); veja também Richard Morris, *Dismantling the Universe* (Simon and Schuster, 1984) e Thomas S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, 2nd ed. (Chicago: University of Chicago Press, 1970).
4. Veja Clement V. Durell, *Readable Relativity* (New York: Harper and Row, 1960).
5. Veja George Gamov, *Thirty Years That Shook Physics* (New York: Dover, 1966); veja também Richard P. Feynman, *QED: The Strange Theory of Light and Matter* (Princeton, N.J.: Princeton University Press, 1985).
6. Veja James Gleick, *Chaos: Making a New Science* (New York: Penguin, 1987); veja também Kevin C. de Berg, "A Random Universe? Order and Chance in Nature and Scripture," *Dialogue* 2:3 (1990), págs. 10-12.
7. Veja A. Hallam, *Great Geological Controversies* (New York: Oxford, 1989).